

## NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 2, Number 306 (2016), 21–29

UDC 536.46.:532.517.4

## STUDY OF COAL MOISTURE ON THE COMBUSTION PROCESS BY 3D MODELING

A. Askarova, S. Bolegenova, S. Bolegenova, V. Maximov,  
A. Yergaliyeva, Z. Gabitova, A. Boranbaeva

Al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan  
[bolegenova.symbat@kaznu.kz](mailto:bolegenova.symbat@kaznu.kz)

**Keywords:** moisture of coal, coal-dust flame, burning, thermal power, heat and mass transfer.

**Abstract.** Studies of various chemical processes in the gas environment are relevant today, as discussed in many areas of science and technology, and are of great practical interest for researchers and engineers. This article presents the results of numerical simulations to study the effect of humidity Ekibastuz coal burned in the combustion chamber of Kazakhstan Aksu TPP processes of heat and mass transfer. This paper presents graphs of the distribution of characteristics such as temperature, concentration of carbon monoxide and nitric oxide in height of the combustion chamber. The methodology of work is - the method of mathematical modeling, which was conducted with the help of the application package FLOREAN. This software package was used for the base of numerical studies and was complemented by our new computer program GEOM. It is shown that an increase in humidity leads to a decrease in fuel temperature and average concentration of carbon dioxide in the combustion chamber, as well as to reduce the concentration of carbon monoxide CO and nitrogen oxide NO in active combustion. The results obtained in this study allow to make recommendations for optimizing the combustion process of high-pulverized coal to reduce emissions and the establishment of power plants to "clean" and effective use of coal.

УДК 536.46.:532.517.4

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ УГЛЯ НА ПРОЦЕСС ГОРЕНИЯ МЕТОДАМИ 3-D МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.С. Аскарова, С.А. Болегенова, С.А. Болегенова,  
В.Ю. Максимов, А.Б. Ергалиева, З.Х. Габитова, А.Е. Боранбаева

Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

**Ключевые слова:** влажность угля, пылеугольный факел, горение, тепловая электростанция, тепломассоперенос.

**Аннотация.** Исследования различных химических процессов в газовой среде являются актуальными на сегодняшний день, поскольку рассматриваются во многих областях науки и техники, и представляют огромный практический интерес у исследователей и инженеров. В данной статье представлены результаты численного моделирования по исследованию влияния влажности сжигаемого Экибастузского угля в топочной камере Аксуской ГРЭС Казахстана на процессы тепломассопереноса. Представлены графики распределения таких характеристик, как температура, концентрации оксидов углерода и оксида азота по высоте топочной камеры. Методологию работы составил – метод математического моделирования, который проводился с помощью пакета прикладных программ FLOREAN. Этот пакет программ был использован для основы численных исследований и был дополнен нами новой компьютерной программой GEOM. Показано, что увеличение влажности топлива ведет к уменьшению средних значений температуры и концентрации двуокси углерода в топочной камере, а также к уменьшению концентрации окиси углерода CO и оксидов

азота NO в области активного горения. Результаты, полученные в данной работе, позволят дать рекомендации по оптимизации процесса горения высокосольного пылеугольного топлива с целью уменьшения выбросов вредных веществ и создания электростанций на "чистом" и эффективном использовании угля.

Как известно, влажность топлива является балластом, который существенно снижает эффективность его сжигания. Однако проведенные группами ученых исследования [1-3] по сжиганию углей различной влажности показали необходимость более полного исследования.

Численное моделирование на сегодняшний день является достаточно эффективным методом прогнозирования поведения сложных для аналитического исследования систем, одной из которых является сжигание низкосортных углей в камерах сгорания котлов ТЭС. Компьютерное моделирование позволяет получать исследуемые качественные и количественные характеристики процесса, а также отклик системы на изменения ее параметров и начальных условий [4-7]. Основными этапами процесса моделирования являются: 1) этап предметного моделирования, состоящий из формулировки основных законов, правил и приближений; 2) этап математического моделирования – описание основных уравнений; 3) этап компьютерного моделирования, включающий в себя математические вычисления и графическую интерпретацию полученных данных.

Численное моделирование проводилось с помощью пакета прикладных программ FLOREAN [8-9] на основе трехмерных уравнений конвективного тепло- и массопереноса для предсказания влияния влажности угля на общую работу топочной камеры и формирование продуктов сгорания. Этот пакет программ был использован для основы численных исследований и был дополнен нами новой компьютерной программой GEOM, которая пишется всегда при выборе нового объекта исследования (топочная камера), с учетом геометрии, размеров горелочных устройств, их формы и расположением в пространстве камеры сгорания [10-15]. В этой компьютерной программе учитываются все характеристики сложного реального физико-химического процесса в выбранном нами объекте исследования и задаются граничные условия для решения выбранной задачи исследования, адекватно отражающие этот процесс [16-17].

Математическая модель, описывающая процессы турбулентного теплопереноса, выглядит следующим образом [8-11]:

а) Уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = - \frac{\partial (\rho u_j)}{\partial x_j}, \quad (1)$$

б) Уравнение движения:

с)

$$\frac{\partial (\rho u_j)}{\partial t} = - \frac{\partial (\rho u_i u_j)}{\partial x_j} + \frac{\partial \tau_{i,j}}{\partial x_j} - \frac{\partial p}{\partial x_j} + \rho f_i, \quad (2)$$

здесь:  $f_i$  – объемные силы;  $\tau_{i,j}$  – тензор вязких напряжений.

д) Уравнение энергии:

е)

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\rho h) = & - \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i h) - \frac{\partial q_i^{res}}{\partial x_j} + \\ & + \frac{\partial p}{\partial t} + u_i \frac{\partial p}{\partial x_i} + \tau_{i,j} \frac{\partial u_j}{\partial x_i} + S_q, \end{aligned} \quad (3)$$

здесь:  $h$  – энтальпия;  $q_i^{res}$  – плотность потока энергии за счет молекулярного переноса тепла,  $S_q$  – источник энергии.

ф) Закон сохранения для компоненты вещества:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho c_n) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i c_n) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ \frac{\mu_{eff}}{\sigma_{c_n,eff}} \frac{\partial c_n}{\partial x_i} \right] + S_{c_n}, \quad (4)$$

где  $S_{c_n}$  - источниковый член, учитывающий вклад химических реакций в изменение концентрации компонентов.

g) Стандартная k-ε модель турбулентности:

h)

$$\frac{\partial(\overline{\rho k})}{\partial t} = -\frac{\partial(\overline{\rho u_j k})}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \frac{\mu_{eff}}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + P - \rho \varepsilon, \quad (5)$$

где  $P$  – производство кинетической энергии турбулентности, которое определяется следующим соотношением:

$$P = \left[ \mu_{turb} \left( \frac{\partial \overline{u_i}}{\partial x_j} + \frac{\partial \overline{u_j}}{\partial x_i} \right) \right] \frac{\partial \overline{u_i}}{\partial x_j} - \left[ \frac{2}{3} \rho k \delta_{ij} \right] \frac{\partial \overline{u_i}}{\partial x_j} \quad (6)$$

и уравнение для диссипации турбулентной кинетической энергии  $\varepsilon$ :

$$\frac{\partial(\overline{\rho \varepsilon})}{\partial t} = -\frac{\partial(\overline{\rho u_j \varepsilon})}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \frac{\mu_{eff}}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{\varepsilon,1} \frac{\varepsilon}{k} P - C_{\varepsilon,2} \frac{\varepsilon^2}{k} \overline{\rho}, \quad (7)$$

здесь,  $\overline{\rho \varepsilon}$  – преобразование кинетической энергии пульсационного движения во внутреннюю энергию (диссипация):

$$\overline{\rho \varepsilon} = \mu_{turb} \cdot \frac{\partial u'_i}{\partial x_j} \cdot \left( \frac{\partial u'_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u'_j}{\partial x_i} \right). \quad (8)$$

В этих уравнениях используются соответствующие турбулентные числа Прандтля  $\sigma_k$ ,  $\sigma_\varepsilon$ , которые являются эмпирическими константами для моделирования турбулентных процессов обмена энергии.

В качестве объекта исследований был выбран реальный промышленный паровой котел ПК-39, установленный на Аксуской ГРЭС (Казахстан) с размерами 7,762м\*10,76м\*29,985м. Камера сгорания котла оснащена 12 вихревыми пылеугольными горелками, расположенными на 2 ярусах. Схема камеры сгорания котла и разбивка ее на контрольные объемы представлена на рисунке 1.

На рисунках 2-5 представлены результаты вычислительных экспериментов по исследованию тепломассопереноса с учетом различного значения содержания влаги в топливе. Как можно заметить, качественно приведенные характеристики не меняются в зависимости от влажности, однако, можно заметить, что кривые на этих рисунках отличаются в количественном отношении.

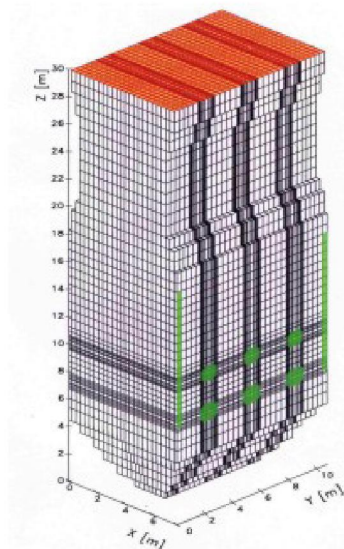


Рисунок 1 – Камера сгорания котла ПК-39

Наряду с результатами вычислительного эксперимента, на рисунке 2 представлены результаты натурального эксперимента на ТЭС [18] для угля с влажностью, равной 7%. Мы видим, что характер изменения экспериментальной и расчетных (вычислительный эксперимент) кривых совпадает. Можно видеть наличие минимумов кривых в областях расположения пояса горелок, что связано с низкой температурой аэросмеси ( $150^{\circ}\text{C}$ ), подаваемой через эти горелки. Максимальных значений температура достигает в центральной части топочной камеры, там, где находится ядро факела. По мере продвижения к выходу из топочной камеры, поле температуры выравнивается, а значения уменьшаются.

Наибольшие различия между расчетными и экспериментальными данными (рисунок 2) наблюдаются при воспламенении угольного факела. Это можно объяснить неустойчивым характером процесса горения в этой области и соответственно различием между реальными физическими условиями воспламенения пылеугольной смеси и математической моделью, описывающей процесс горения твердого топлива в этой области.

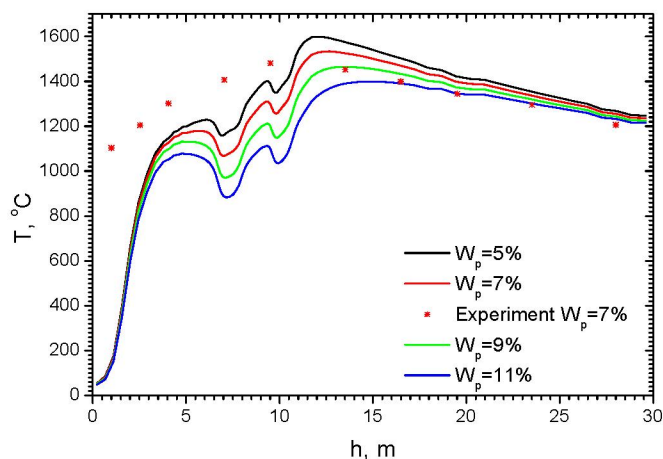


Рисунок 2 – Распределение температуры по высоте топочной камеры при сжигании угля различной влажности в топочной камере котла ПК-39 Аксуйской ГРЭС

Анализируя кривые рисунка 2, следует отметить, что увеличение влажности топлива ведет к уменьшению средней температуры в топочной камере. Это можно объяснить тем, влажность топлива уменьшает его тепловую ценность, так как для превращения 1 кг воды в пар необходимо затратить 2,5 МДж теплоты.

Наибольшие различия между температурными кривыми для угля разной влажности можно заметить внутри топочной камеры в области пояса горелок. На выходе из топочной камеры различия в значениях температуры для углей, влажность которых меняется от 5% до 11%, уменьшаются и составляют не более 35°C.

В результате проведения вычислительных экспериментов по сжиганию Экибастузского угля были рассчитаны концентрационные поля вредных пылегазовых продуктов сгорания. На рисунках 3-5 представлены графики распределения концентраций оксидов углерода CO и CO<sub>2</sub> и оксида азота NO.

Анализ рисунка 3 показывает, что формирование окиси углерода происходит главным образом в основной части факела, там, где средняя его температура достигает своих максимальных значений. Причем с уменьшением содержания влаги в угле максимум концентрации CO возрастает и смещается к области расположения горелок. По мере продвижения к выходу из топки, концентрация окиси углерода уменьшается.

Таким образом, увеличение влажности топлива приводит к уменьшению концентрации окиси углерода CO в области активного горения, что совпадает с экспериментальными данными, приведенными в работах [1,18]. Это можно объяснить тем, что при невысоких температурах преобладает реакция реагирования углерода топлива с кислородом воздуха с образованием диоксида углерода, однако при повышении температуры начинает протекать реакция между углем и образовавшимся диоксидом углерода.

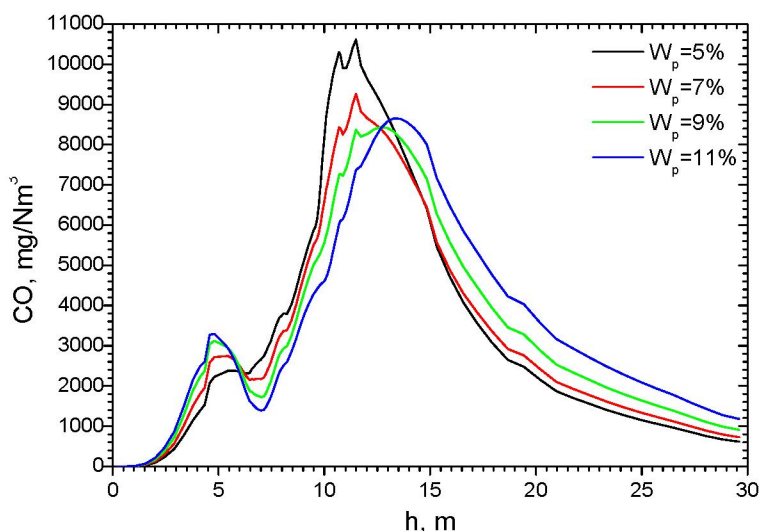


Рисунок 3 – Распределение концентрации CO по высоте топочной камеры котла ПК-39 Аксуйской ГРЭС при сжигании угля различной влажности

На рисунке 4 представлено распределение средних значений концентрации CO<sub>2</sub> в каждом сечении по высоте топочного пространства. Можно видеть, что увеличение влажности приводит к уменьшению концентрации двуокиси углерода, что связано с температурными условиями процесса. А это в свою очередь создает худшие условия для реакции, связанной с догоранием CO до CO<sub>2</sub>. Вследствие этого значение концентрации диоксида углерода CO<sub>2</sub> на выходе из топки с увеличением влажности топлива уменьшается.

Здесь же, на рисунке 4, нанесены результаты эксперимента, проведенного непосредственно на ТЭС [18]. Мы видим, что наибольшие различия в результатах вычислительного и натурального экспериментов наблюдаются в области воспламенения горючей смеси, что связано с неустойчивостью горения и различием между моделируемыми и экспериментальными условиями для воспламенения аэросмеси.

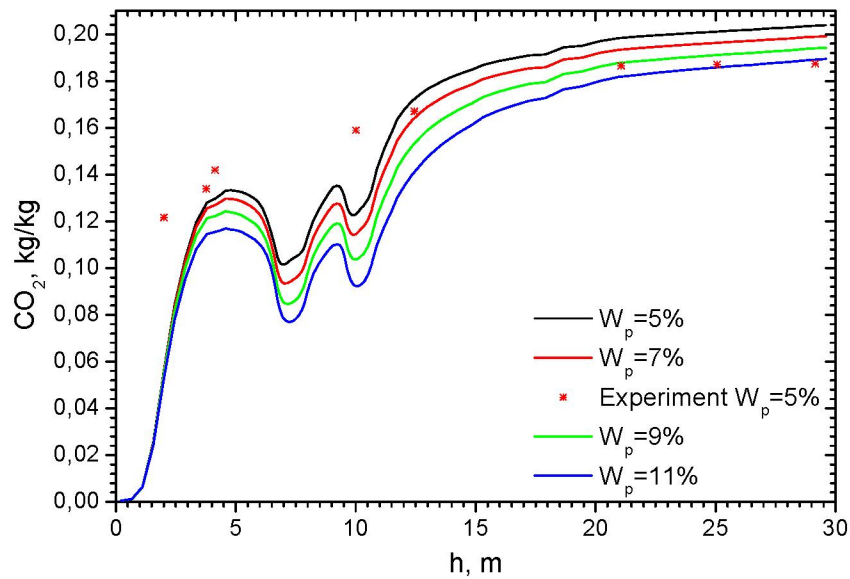


Рисунок 4 – Распределение концентрации CO<sub>2</sub> по высоте топочной камеры котла ПК-39 Аксуйской ГРЭС при сжигании угля различной влажности

На рисунке 5 показано поле концентрации оксида азота NO по высоте топочной камеры котла ПК-39 Аксуйской ГРЭС для различного значения содержания влаги в топливе. Из рисунка можно видеть, что наибольшие различия в средних концентрациях приходятся на центральную часть топки, где расположены горелочные устройства. Формирование оксида азота осуществляется в результате окисления азота, содержащегося в топливе, а также азота атмосферного воздуха. Здесь увеличение влажности угля приводит к уменьшению концентрации NO, что подтверждается исследованиями, описанными в работах [1,3,18]. Однако можно заметить, что к выходу из топки поля концентрации окиси азота выравниваются и различия в концентрациях согласно таблице 1 составляют порядка 3-18 мг/Нм<sup>3</sup>.

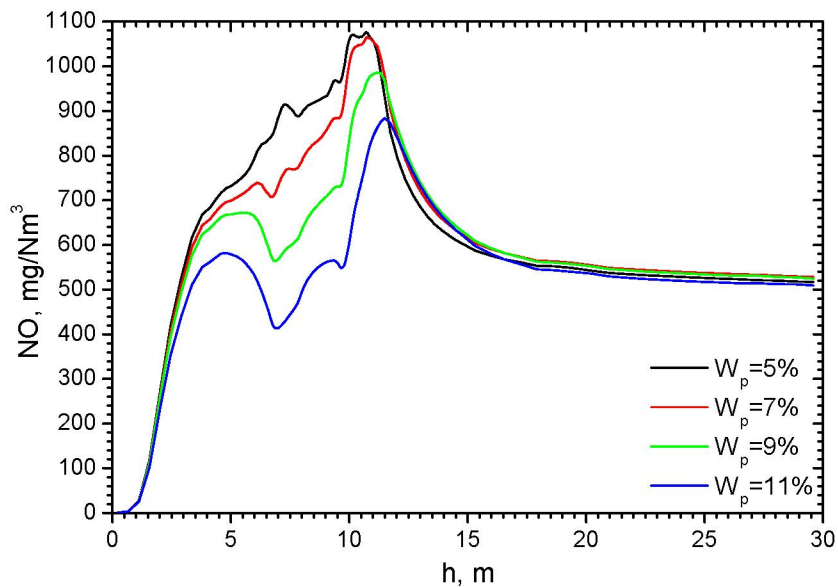


Рисунок 5 – Распределение концентрации NO по высоте топочной камеры котла ПК-39 Аксуйской ГРЭС при сжигании угля различной влажности

Таблица 1 – Распределение средних значений температуры, концентраций CO, CO<sub>2</sub> и NO в сечении нижнего яруса горелок для различных значений влажности топлива

Хар-ки	Влажность, W <sub>p</sub>			
	5%	7%	9%	11%
T, °C	1178,86	1079,82	976,46	885,72
CO, мг/Нм <sup>3</sup>	2938,94	2391,9	1912,79	1550,57
CO <sub>2</sub> , кг/кг	0,104	0,094	0,085	0,077
NO, мг/Нм <sup>3</sup>	914,58	766,67	589,49	431,33

Таблица 2 – Распределение средних значений температуры, концентраций CO, CO<sub>2</sub> и NO на выходе из топочной камеры для различных значений влажности топлива

Хар-ки	Влажность, W <sub>p</sub>			
	5%	7%	9%	11%
T, °C	1247,9	1236,1	1225,0	1214,6
CO, мг/Нм <sup>3</sup>	614,4	724,5	907,4	1183,1
CO <sub>2</sub> , кг/кг	0,204	0,199	0,194	0,189
NO, мг/Нм <sup>3</sup>	516,97	527,79	524,78	509,25

В результате проведенных исследований было показано, что увеличение влажности топлива ведет к уменьшению средней температуры и концентрации двуокси углерода CO<sub>2</sub> в топочной камере, а также к уменьшению концентрации окиси углерода CO в области активного горения. С уменьшением содержания влаги в угле максимум концентрации CO возрастает и смещается к области расположения горелок. К выходу из топочного пространства концентрация окиси углерода уменьшается. Также показано, что увеличение влажности угля приводит к уменьшению концентрации NO в центральной части топочной камеры. Наибольшие различия в результатах вычислительного и натурального экспериментов наблюдаются в области воспламенения горючей смеси. Значения концентраций CO, CO<sub>2</sub> и NO, которые являются основными веществами загрязняющими атмосферу, на выходе из топочного пространства не превышают норм ПДК, принятых в Республике Казахстан.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Исаков Р.Т., Энгельшт В.С. Термодинамический анализ влияния влажности на горение углерода, Вестник ИГУ, 2002, № 8, С. 75-83.
- [2] Ryoichi Kurose, Hiroaki Watanabe, Hisao Makino. Numerical Simulations of Pulverized Coal Combustion, KONA Powder Particle J., 27 (2009), pp. 144–156.
- [3] Пинчук В. А., Потапов Б. Б., Шарабура Т. А. Использование термодинамических показателей для оценки энергетической и технологической ценности различных марок углей, Металлургическая теплотехника. Сборник научных трудов Национальной металлургической академии Украины, Днепропетровск: ПП Грек ОС, 2008, С. 228-235.
- [4] Askarova A. S., Messerle V. E., Ustimenko A. B. et al. Numerical simulation of the coal combustion process initiated by a plasma source // Thermophysics and Aeromechanics. – Vol. 21, Issue 6, 2014. – P. 747-754.
- [5] Messerle V. E., Ustimenko A. B. et al. Pulverized coal torch combustion in a furnace with plasma-coal system // Thermophysics and Aeromechanics. – Vol. 17, Issue 6, 2010. – P.435-444.
- [6] Karpenko E I; Lavrishcheva, Y. I., Messerle V.E. et al. Plasma-supported coal combustion in boiler furnace // IEEE Transactions on Plasma Science. – Vol. 35, Issue 6, 2007. – P. 1607-1616.
- [7] Karpenko E.I, Messerle V. E. Ustimenko A.B. et al. Plasma enhancement of combustion of solid fuels // HIGH ENERGY CHEMISTRY. – Vol. 40, Issue 2, 2006. – P. 111-118.
- [8] Müller, H. Numerische simulation von Feuerungen. CFD–Vorlesung, TU. – Braunschweig: IWBT, 1997. – 8–12 s
- [9] Leithner, R. Numerical Simulation. Computational Fluid Dynamics CFD: Course of Lecture. – Braunschweig, 2006. - 52 p.
- [10] Askarova, A. S., Bolegenova, S. A., Maximov, V. Yu. et al. Computational method for investigation of solid fuel combustion in combustion chambers of a heat power plant // High Temperature. – Vol. 53, Issue 5, 2015. – P. 751-757.
- [11] Safarik P., Bolegenova, S., Maximov V. et al. Numerical Modeling of Pulverized Coal Combustion at Thermal Power Plant Boilers // Journal of Thermal Science. – Vol. 24, Issue 3, 2015. – P. 275-282.
- [12] Messerle V. E., Ustimenko A. B., Bolegenova S.A. et al. Numerical simulation of pulverized coal combustion in a power boiler furnace // High Temperature. –Vol. 53, Issue 3, 2015. – P. 445-452.
- [13] Karpenko, E. I., Karpenko, Yu. E., Messerle, V. E. et al. Mathematical modelling of the processes of solid fuel ignition and combustion at combustors of the power boilers // Theory and Practice of Energetic Materials. – Vol. VII, 2007. – P. 672-683.
- [14] Bolegenova S.A., Bekmuhamet A., Maximov V.Yu. et al.. Numerical research of aerodynamic characteristics of combustion chamber BKZ-75 mining thermal power station // Procedia Engineering. - ISSN 1877-7058. – Vol.42, 2012. – P. 1250-12-59.
- [15] Bolegenova S., Bekmukhamet A., Maximov Yu.V. et al. Investigation of turbulence characteristics of burning process of the solid fuel in BKZ 420 combustion chamber // WSEAS Transactions on Heat and Mass Transfer. - Volume 9, 2014. - P. 39-50.

[16] Askarova A., Bolegenova S., Bekmukhamet A. et al. Using 3D modeling technology for investigation of conventional combustion mode of BKZ-420-140-7c combustion chamber // Journal of Engineering and Applied Sciences. – Vol. 9, Issue 1, 2014. – P. 24-28.

[17] Bolegenova S.A., Maximov Yu.V Bekmukhamet A. et al. Numerical modeling of turbulence characteristics of burning process of the solid fuel in BKZ-420-140-7c combustion chamber // International Journal of Mechanics. - ISSN: 1998-4448. - Volume 8, 2014. - P. 112-122.

[18] Алияров Б.К., Алиярова М.Б. Сжигание казахстанских углей на ТЭС и на крупных котельных: опыт и проблемы, Алматы, 2012, 306 с.

## REFERENCES

[1] Iskakov R.T., Engelsht V.S. Thermodynamic analysis of the effect of moisture on the carbon burning, Herald ISU 2002, number. 8, pp 75-83 (in rus)

[2] Ryoichi Kurose, Hiroaki Watanabe, Hisao Makino. Numerical Simulations of Pulverized Coal Combustion, *KONA Powder Particle J.*, **2009**, 27, 144–156 (in eng)

[3] Pinchuk V.A., Potapov B.B., Sharabura T.A. Using thermodynamic parameters for the evaluation of energy technology and the value of different grades of coal, metallurgical heat engineering. Collection of scientific works of the National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnepropetrovsk: PP Greek OS 2008, pp 228-235 (in rus)

[4] Askarova A. S., Messerle V. E., Ustimenko A. B. et al. Numerical simulation of the coal combustion process initiated by a plasma source. *Thermophysics and Aeromechanics*, **2014**, 21(6),747-754 (in eng)

[5] Messerle V. E., Ustimenko A. B. et al. Pulverized coal torch combustion in a furnace with plasma-coal system. *Thermophysics and Aeromechanics*, **2010**, 6,435-444 (in eng)

[6] Karpenko E I; Lavrishcheva, Y. I., Messerle V.E. et al. Plasma-supported coal combustion in boiler furnace. *IEEE Transactions on Plasma Science*, **2007**, 6, 1607-1616 (in eng)

[7] Karpenko E.I, Messerle V. E. Ustimenko A.B. et al. Plasma enhancement of combustion of solid fuels. *HIGH ENERGY CHEMISTRY*, **2006**, 2, 111-118 (in eng)

[8] Müller, H. Numerische simulation von Feuerungen. *CFD-Vorlesung, TU. – Braunschweig: IWBT, 1997*, 8–12 (in ger)

[9] Leithner, R. Numerical Simulation. Computational Fluid Dynamics CFD: *Course of Lecture. – Braunschweig, 2006*, 52 (in eng)

[10] Askarova, A. S., Bolegenova, S. A., Maximov, V. Yu. et al. Computational method for investigation of solid fuel combustion in combustion chambers of a heat power plant. *High Temperature*, **2015**, 5, 751-757 (in eng)

[11] Safarik P., Bolegenova, S., Maximov V. et al. Numerical Modeling of Pulverized Coal Combustion at Thermal Power Plant Boilers. *Journal of Thermal Science*, **2015**, 3, 275-282 (in eng)

[12] Messerle V. E., Ustimenko A. B., Bolegenova S.A. et al. Numerical simulation of pulverized coal combustion in a power boiler furnace. *High Temperature*, **2015**, 3, 445-452 (in eng)

[13] Karpenko, E. I., Karpenko, Yu. E., Messerle, V. E. et al. Mathematical modelling of the processes of solid fuel ignition and combustion at combustors of the power boilers. *Theory and Practice of Energetic Materials*, **2007**, VII, 672-683 (in eng)

[14] Bolegenova S.A., Bekmukhamet A., Maximov V.Yu. et al.. Numerical research of aerodynamic characteristics of combustion chamber BKZ-75 mining thermal power station. *Procedia Engineering*, **2012**, 42, 1250-12-59 (in eng)

[15] Bolegenova S., Bekmukhamet A., Maximov Yu.V. et al. Investigation of turbulence characteristics of burning process of the solid fuel in BKZ 420 combustion chamber. *WSEAS Transactions on Heat and Mass Transfer*, **2014**, 9, 39-50 (in eng)

[16] Askarova A., Bolegenova S., Bekmukhamet A. et al. Using 3D modeling technology for investigation of conventional combustion mode of BKZ-420-140-7c combustion chamber. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, **2014**, 9(1), 24-28 (in eng)

[17] Bolegenova S.A., Maximov Yu.V Bekmukhamet A. et al. Numerical modeling of turbulence characteristics of burning process of the solid fuel in BKZ-420-140-7c combustion chamber. *International Journal of Mechanics*, **2014**, 8, 112-122 (in eng)

[18] Aliyarov B.K., Aliyarova M.B. Burning Kazakh coal to the power station and large boilers: experience and problems, Almaty, 2012, 306 p. (in rus)

## 3-D МОДЕЛЬДЕУ ӘДІСТЕРІМЕН ЖАНУ ПРОЦЕСІНЕ КӨМІРДІҢ ЫЛҒАЛДЫЛЫҒЫНЫҢ ЗИЯНЫН ЗЕРТТЕУ

А.С. Аскарова, С.А. Болегенова, С.А. Болегенова,  
В.Ю. Максимов, А.Б. Ергалиева, З.Х. Габитова, А.Е. Боранбаева

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

**Түйін сөздер:** көмір ылғалдылығы, шаңтозаңды алау, жану, жылу электростанциясы, жытумассаалмасу.

**Аннотация.** Газдық ортадағы түрлі химиялық процестерді зерттеу қазіргі уақытта өзекті болып отыр, себебі ғылым мен техниканың көп салаларында қарастырылады және зерттеушілер мен инженерлердің тәжірибелік қызығушылығына ие. Бұл мақалада Қазақстанның Ақсу МАЭС-ның жану камерасында жағылатын Екібастұз көмірі ылғалдылығының жытумассаалмасу процестеріне әсерін зерттеу бойынша сандық модельдеудің нәтижелері келтірілген. Жану камерасының биіктігі бойынша температура, көміртегі тотықтарының және азот тотықтарының шоғырлануы сияқты сипаттамалардың таралу графиктері көрсетілген. Жұмыс әдіснамасын - FLOREAN қолданбалы бағдарламалар пакеті көмегімен жүргізілген математикалық модельдеу әдісі құрды. Осы бағдарламалар пакеті сандық зерттеу негізі үшін



---

---

қолданылды және оны жаңа GEOM компьютерлік бағдарламасымен толықтырдық. Отын ылғалдылығының артуы температураның орташа мәндерінің және жану камерасындағы көміртегі қосқышқылының шоғырлануының төмендеуіне, сонымен қатар белсенді жану облысындағы көміртегі тотығы СО және азот оксидтері NO шоғырлануының төмендеуіне әкелетіні көрсетілген. Жұмыстың нәтижелері зиянды заттардың шығарылуын төмендету, көмірді "таза" және тиімді қолданатын электростанцияларын құру мақсатында жоғары күлді шаңтозанды отынды жағу процесін оңтайландыру бойынша ұсыныстар беруге мүмкіндік тудырады.

*Поступила 15.03.2016 г.*